

## СРАВНЕНИЕ ПРИЕМНИКОВ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ GEO++ GNSMART И ПРЕДЛОЖЕНИЕ МЕТОДОВ ВЫБОРА МЕСТОРАСПОЛОЖЕНИЯ ПРИЕМНИКОВ

Астахова А.С.

Научный руководитель: Сидоренко Н.Ю. (ООО «Газпром трансгаз Томск»)

Томский политехнический университет

[alinor\\_96@mail.ru](mailto:alinor_96@mail.ru)

### Введение

Использование систем спутниковой навигации является актуальным при слежении за смещением земной коры относительно наблюдаемого объекта. При использовании трубопровода необходимо наблюдение за смещением земной коры. В случаях возникновения смещения необходимо предупреждать аварийные ситуации. Для предотвращения опасных событий и вводят в эксплуатацию информационные системы по отслеживанию подобных ситуаций с использованием спутниковой навигации. Предприятие ООО «Газпром трансгаз Томск» использует информационную систему Geo++ GNSMART. Эффективная работа системы достигается с помощью выбора моделей приемников и их расположения на местности.

### Принцип работы спутниковой навигации

Спутниковые системы навигации используют одинаковые принципы для определения координат:

1. Передача спутником сигнала с известной позиции.
2. Измерение времени распространения радиоволн для вычисления позиции приемника.

Чтобы определить координаты приемника в трехмерном пространстве, необходимо использовать 4 спутника. Каждый из которых отвечает за долготу, широту, высоту, ошибку времени, на рис. 1 представлена схематичная конфигурация определения координат [1].

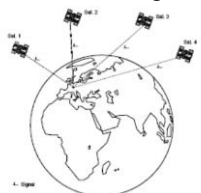


Рис. 1. Определение координат приемника

В систему спутниковой навигации входят 3 сегмента:

- Пространственный (система орбит и спутников).
- Управляющий (основная управляющая станция, наблюдающая за перемещениями спутников и контролирующая их).
- Пользовательский (приемники, получающие необходимую информацию и передающие ее следующим устройствам).

### Приемники предприятия в системе Geo++ GNSMART

Предприятие ООО «Газпром трансгаз Томск» в системе Geo++ GNSMART используются приемники IGS GR110 и NovAtel DL-V3. Но имеются приемники Trimble NetR9.

Был проведен сравнительный анализ приемников.

Наилучшие параметры имеют приемники Trimble Net R9:

- Количество каналов 440, что обеспечивает быстрое определение первоначального расположения, более высокую точность, отслеживание всех запущенных спутников (IGS GR110 – 120, NovAtel DL-V3 – 72).

- Высокая ударостойкость (выдерживает падения с высоты 2 м на твердую поверхность).

- Множество вариантов отслеживаемых спутников (GPS: L1C/A, L1C, L2C, L2E, L5, ГЛОНАСС: L1C/A, L1P, L2C/A, L2P, L3, SBAS: L1C/A, L5, Galileo: GIOVE-A и GIOVE-B, E1, E5a, E5B, BeiDou (COMPASS): B1, B2, QZSS). IGS GR110 (GPS, ГЛОНАСС, SBAS, Galileo, GIOVE-A/GIOVE-B, Compass). NovAtel DL-V3 (GPS: 14 L1, 14 L2, 6 L5, ГЛОНАСС: 12 L1, 12 L2, SBAS L-band).

- Высокая точность в режиме RTK: 8 мм + 1 мм/км, по высоте: 15 мм + 1 мм/км (IGS GR110 – 10 мм + 1 мм/км, NovAtel DL-V3 – 12 мм + 1 мм/км).

- Хорошей точностью в статике – в плане: 3 мм + 0,1 мм/км, по высоте: 3,5 мм + 0,4 мм/км (IGS GR110 – в плане: 4 мм + 0,1 мм/км, по высоте: 3,5 мм + 0,4 мм/км, NovAtel DL-V3 – в плане: 5 мм + 0,1 мм/км, по высоте: 3,5 мм + 0,4 мм/км).

- Выбор коммуникационных портов – RS-232, DB9, Lemo 7, Mini B USB (хост/клиент), RJ45.

- Высокий выбор поддерживаемых форматов данных – CMR/CMR+ (опция), CMRx (опция), RTCM 2.1, RTCM 2.2, RTCM 3.0, RTCM 3.1

Приемники IGS GR110 обладают:

- Большим спектром частоты записи от 1 до 500 Гц (Trimble Net R9 – от 1 Гц до 50 Гц, NovAtel DL-V3 – 20 Гц).

- Небольшим весом – 0,31 кг.

- Отслеживанием спутников – GPS, ГЛОНАСС, SBAS, Galileo, GIOVE-A/GIOVE-B, Compass.

- Выбором коммуникационных портов – RS-232, RS-422, RS-485, CAN.

Приемники NovAtel DL-V3 обладают:

- Различным диапазоном рабочих температур – от -40°C до +75°C (Trimble Net R9 – от -40°C до +65°C, IGS GR110 – от -30°C до +70°C).

- Наличием встроенной памяти.

- Выбором коммуникационных портов – RS-232, RS-422, Bluetooth, Ethernet, USB.

- Большим выбором поддерживаемых форматов данных – RTCM SC-104 ver. 3.0, CMR ver. 3.0, CMR+, NMEA 0183 ver. 3.01, и RTCA DO-217.

Выигрывая по характеристикам, приемники Trimble Net R9 проигрывают в высокой стоимости аппаратных средств. Использование данных приемников невозможно без необходимого ПО, которое постоянно требует обновления.

#### Требования к расположению приемников

Важным условием спутниковых относительных измерений является одновременное наблюдение парой приемников одних и тех же спутников, для расчета расстояния между приемниками. Если один из приемников располагается на пункте с известными координатами, то можно точно определить относительно него координаты остальных приемников в этой же системе координат.

Роль опорного (базового) приемника проявляется в кинематических видах съемки, когда один приемник стационарно расположен на известной точке, а координаты остальных подвижных приемников определяются относительно него. Такой опорный приемник называется базовой станцией.

Базовый приемник устанавливается на бетонное основание, а подвижный на объект наблюдения.

К выбору места расположения постоянно действующих станций предъявляются определенные требования:

- Антенна базового приемника должна быть расположена в месте отсутствия помех для распространения спутниковых сигналов и надежно зафиксирована.
- Приемник должен располагаться в хорошо защищенном месте (в специальном металлическом шкафу, либо внутри охраняемого помещения), где имеется доступ к стабильному источнику питания.
- Приемник должен наблюдать 40% небесного свода
- Не должно быть поблизости источников магнитного поля или проводов[2].

#### Методы расположения приемников

Чем большая территория охватывается сетью, тем больше должно быть опорных пунктов. Если есть подозрение, что координаты опорного пункта ошибочны, также следует добавить опорные пункты. Чем больше опорных пунктов, тем больше избыточность, и тем легче выполнить проверку точности координат. Желательно, чтобы количество опорных пунктов составляло не менее 10% от общего количества пунктов в сети. На предприятии ООО «Газпром трансгаз Томск» ведется слежение за трубопроводом, расположенным в длину. Соответственно, метод коридора оптимальный для расположения приемников.

##### 1. Метод квадрантов

Если объект наблюдения расположен в ширину, то для эффективной работы системы, возможно использование метода квадрантов. Необходимо разделить наблюдаемую зону, в которой находится объект наблюдения на 4 части (рис. 2), получив 4 квадранта. В общем виде, если по периметру наблюдаемого объекта возможно разместить от 12 подвижных приемников на расстоянии 600 км друг от друга. Каждый из опорных пунктов должен

находиться на или вне области, охватывающей опорные станции. Каждый опорный пункт должен быть связан вектором базы, по меньшей мере, с тремя пунктами сети. Каждый третий определяемый пункт должен иметь минимум три независимых вектора базы.

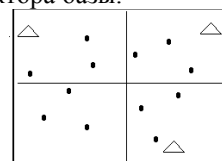


Рис. 2. Размещение пунктов сети методом квадрантов

##### 2. Метод коридора

Если сеть образует ход или коридор, два опорных пункта должны быть размещены на каждом краю области сети, а третий опорный пункт - посередине хода. Каждый опорный пункт должен быть связан вектором базы, по меньшей мере, с двумя пунктами хода, причем с ближайшими. Три вектора к каждому опорному пункту дадут достаточно информации для поиска данных. Каждый определяемый пункт должен иметь минимум два независимых вектора базы (рис. 3).



Рис. 3. Размещение пунктов сети методом коридора

#### Заключение

Для введения в систему приемников Trimble NetR9 необходима покупка дополнительного дорогостоящего ПО. Приемники IGS GR110 и NovAtel DL-V3 обладают хорошими техническими характеристиками, которые позволяют системе Geo++ GNSMART функционировать в полной мере, но покупая большее количество приемников.

Для оптимального расположения базовых и подвижных приемников друг относительно друга для предприятия ООО «Газпром трансгаз Томск» подходит метод коридора. Потому что объект, за которым происходит слежение (трубопровод), расположен в длину (образует коридор). С помощью этого метода можно отрегулировать оптимальное соотношение подвижных приемников и базовых, вследствие чего увеличится точность определяемых параметров.

#### Список использованных источников

1. Jean-Marie Zogg. Основы спутниковой навигации: Краткое руководство. Издание – 3. – Switzerland, 2007. – 132 с.
2. Яценко В.С. Основы спутниковой навигации. Системы GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС, 2005. – 272 с.